

НАВЧАЛЬНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ПРУЖНИХ ТІЛ

Роман Демидов, Степан Величко

У статті на основі результатів комплексного аналізу системи шкільного фізичного експерименту, як невід'ємної і динамічної складової навчально – виховного процесу з фізики, робляться висновки про можливі напрямки удосконалення та забезпечення високого рівня фізичної освіти сучасними навчальними комплектами і засобами експериментування. Як один з прикладів розглянуто полігон, який представлений як навчальна установка для дослідження пружних властивостей різних об'єктів, рекомендується низка лабораторних робіт на його основі дослідницького характеру, описується дослідницьке завдання, яке передбачає активну самостійну пізнавальну діяльність учнів і можливість його розвитку для забезпечення варіативності виконання лабораторних робіт в умовах сучасного навчання фізики.

In the article on the basis of results of complex analysis of the system of school physical experiment, as an inalienable and dynamic constituent educational – an educate process from physics, conclusions are drawn about possible directions of improvement and providing of high level of physical education by modern educational complete sets and facilities of experimentation. As one of examples is considered ground which is presented as an educational setting for research of resilient properties of different objects, the row of laboratory

works is recommended on his basis of research character, a research task which foresees active independent cognitive activity of students and possibility of his development for providing of the variative teaching of laboratory works in the conditions of modern studies of physics is described.

У процесі реформування фізичної освіти важливо розв'язувати проблему оптимізації навчально-виховного процесу взагалі і зокрема оптимізувати навчальне обладнання для кабінету фізики, оскільки саме такий підхід передбачає підвищення ефективності навчання не будь-якими засобами, а найбільш вигідними для конкретних умов. Оптимізація навчального обладнання на етапі його розробки виявляється не в абсолютному, а у відносному аспекті, бо при незмінних умовах і параметрах порівнюються досягнуті педагогічні результати, економічні витрати і затрати часу як учнів, так і викладача. Основними критеріями економічної ефективності засобів навчання є зменшення трудових витрат на експлуатацію і питомих витрат матеріалів на одиничний прилад або їх сукупність, скорочення експлуатаційних витрат часу і підвищення безпеки роботи з ними у навчанні.

Як свідчить досвід і наш аналіз, зростання числа найменувань навчального обладнання у сучасному кабінеті фізики, з одного боку, краще задовольняє програмні вимоги до забезпечення і реалізації експериментальної частини шкільного курсу фізики, а з іншого – іде всупереч принципу підвищення коефіцієнта використання як окремого приладу, так і всієї їх сукупності [1; 2; 3; 4]. Велика кількість найменувань приладів і поодинокі їх використання не сприяє виробленню у вчителя впевнених навичок роботи з ними, а учні не пам'ятають їх назв і сфери застосування.

Останніми роками розробка навчальних фізичних приладів іде у напрямку створення комплектів приладів за єдиною концепцією: прилади проєктуються як функціональні вузли, які за допомогою мінімуму елементів забезпечують максимум випадків застосування [4, с. 338].

Дослідження еволюційного розвитку системи навчального фізичного експерименту у загальноосвітніх навчальних закладах різного типу і профілю з урахуванням принципів діяльнісного підходу і історизму, психолого-педагогічного та системно-структурного аналізу, дозволяє виявити основні тенденції та шляхи вдосконалення цієї невід'ємної і багатофункціональної складової навчально-виховного процесу [2, с.157-172]. При цьому до найважливіших напрямків розвитку системи шкільного фізичного експерименту відносяться як змістовне, матеріально-технічне, так і методичне забезпечення навчального експерименту, постійне вдосконалення методики і техніки та широке запровадження експериментальних наукових методів дослідження, розробка нових навчальних експериментів й шкільного навчального обладнання, що відбиває зміст і рівень останніх наукових досягнень та практичного їх використання, включаючи оптико-електронну, електронно-обчислювальну та комп'ютерну техніку. Тому особливої уваги заслуговують такі з них, як запровадження у різних видах навчального фізичного експерименту кількісної оцінки досліджуваних явищ і процесів з пріоритетністю прямих вимірювань фізичних величин і можливістю запровадження різних форм передачі результатів вимірювань (цифрових, графічних, знакових), а також зростання ролі моделей та методу моделювання, включаючи і комп'ютерне моделювання, та візуалізацію у шкільному фізичному експерименті поряд з постійним його ускладненням (як навчального експерименту так і обладнання) з метою систематичного запровадження універсальних комплектів та саморобного навчального обладнання, що дає можливість значною мірою розширити експериментальні можливості учнів у навчанні фізики і задовольнити постійну націленість школярів на активну пізнавально-пошукову діяльність, та діяльнісний підхід у процесі пізнання і навчання, на бажання задовольнити власні ідеї у пізнанні. Одночасно наочні дослідження дали можливість виокремити ергономічні вимоги [1, с. 58-89], згідно яким на

сучасному етапі має підпорядковуватися подальший розвиток і вдосконалення різних видів навчального фізичного експерименту та сучасних засобів навчального експериментування.

Запропонований нами комплекс як методичного, так і експериментального забезпечення у вивченні пружних властивостей фізичних тіл дозволяє виконати низку експериментальних завдань для навчальних цілей як для основної, так і для старшої школи.

Зокрема до таких самостійних навчальних досліджень та експериментальних завдань з фізики слід віднести:

1. Лабораторну роботу « Градування пружини » (7 кл.)
2. Лабораторну роботу « Визначення коефіцієнта жорсткості пружного тіла » (9 кл.)
3. Лабораторну роботу « Вивчення механічних властивостей пружини і системи двох пружин » (10 кл.)
4. Лабораторну роботу « Визначення модуля Юнга гуми » (10 кл.), та « Визначення коефіцієнта Пуассона гуми » (10 кл., поглиблений рівень).
5. Лабораторну роботу « Визначення модуля зсуву та межі пружності міді » (10 кл., поглиблений рівень).

Перераховані завдання не вичерпують усіх можливостей використання запропонованого нами модуля у навчальному фізичному експерименті, бо у зв'язку із варіативними програмами [5] і профільним вивченням фізики цей перелік легко збільшується, наприклад, як це зроблено в [3]. Розроблена установка задовольняє сучасні педагогічні, технічні та економічні вимоги до методичного забезпечення та вимоги для активізації самостійної пізнавально – пошукової діяльності учнів середніх загальноосвітніх навчальних закладах різного типу і профілю. навчального обладнання.

Загальний вигляд лабораторної установки для виконання серії досліджень представлений на рисунку 1.

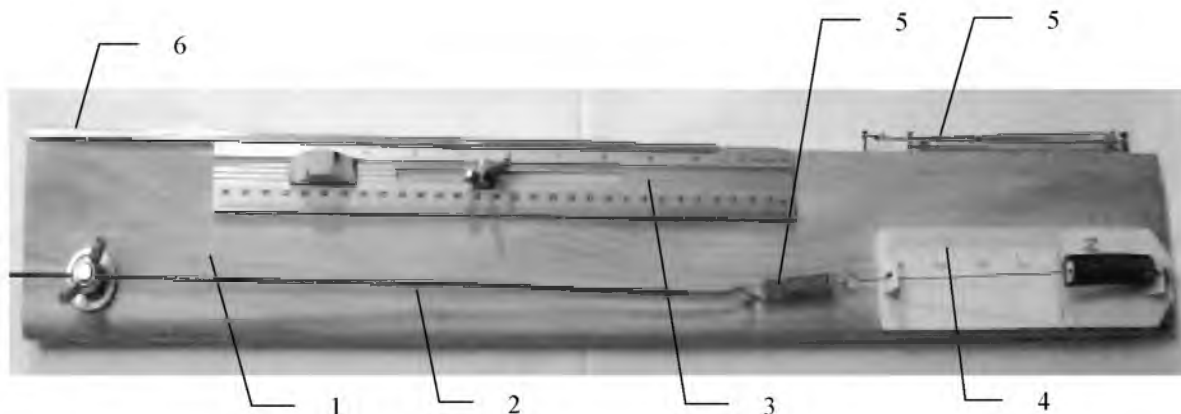


Рис. 1.

Загальний вигляд установки: 1. – основа приладу; 2. – спиця, що фіксує величину розтягу деформованого еталонного зразка-динамометра; 3. – рухома лінійка з фіксуючим гвинтом; 4. – динамометр; 5. – досліджувані зразки; 6. – спрямовуюча рейка.

Як приклад одного із експериментальних досліджень у процесі вивчення фізики, яке передбачає можливість і теоретичного і експериментального розширення самостійної дослідницької діяльності старшокласників, розглянемо роботу: **Визначення модуля Юнга речовини.**

Мета роботи передбачає визначити модуль Юнга для різних зразків гуми.

Обладнання: гумові зразки (різної довжини й площі поперечного перерізу), прилад для дослідження деформації, штангенциркуль.

Короткі теоретичні відомості: для виконання розрахунків учнями пропонується доповнити інформацією з посібника [6, с. 60].

Для розтягу тіла формулу закону Гука записують у вигляді: $F = \frac{\varepsilon S}{L_0} L$ (1), звідки $\varepsilon = \frac{FL_0}{SL}$ (2), де F – сила пружності, L_0 – довжина зразка, L – видовження зразка, S – площа поперечного перерізу зразка, ε – модуль Юнга.

У ході виконання роботи спершу, використовуючи штангенциркуль, вимірюють розмір зразків і визначають площу поперечного перерізу кожного із зразків. Потім закріпивши зразок на приладі, вимірюють його довжину і, прикладаючи до зразка силу, вимірюють його деформацію. За формулою (2) визначають модуль Юнга для даного зразка. Досліди повторюють з іншими зразками і порівнюють одержане значення ε з табличним. Далі розраховують похибки вимірювань і роблять відповідні висновки.

У 10-х класах з поглибленим вивченням фізики пропонувану лабораторну роботу доцільно розширити, запропонувавши дослідницьке завдання з метою знаходження коефіцієнта Пуассона гуми. У цьому випадку відповідно потрібно розширити теоретичний матеріал, який вводиться до роботи й змінити дещо порядок виконання дослідження. За цих обставин **теоретичні відомості** доповнюються такою інформацією.

Коефіцієнтом Пуассона називають величину, яка визначається відношенням відносного поперечного стиснення до відносного поздовжнього видовження досліджуваного зразка, тобто математичний вираз для визначення коефіцієнту Пуассона матиме вигляд:

$$\mu = \left(-\frac{a}{a_0} \right) + \frac{l}{l_0} = -\frac{a}{l} \frac{l_0}{a_0} \quad (3),$$

де a – абсолютне поперечне стиснення, l – абсолютне поздовжнє видовження, a_0 та l_0 – початкові розміри досліджуваного зразка.

Коефіцієнт Пуассона залежить тільки від матеріалу зразка і є одним із найважливіших параметрів, що характеризують пружні властивості речовини.

Відповідно до означення, щоб знайти коефіцієнт Пуассона, потрібно виміряти початкові параметри зразка до деформації a_0 і l_0 (товщину й довжину), а під час максимального розтягу виміряти його товщину a_1 , наприклад, штангенциркулем.

У ході **виконання роботи** учні, користуючись штангенциркулем, вимірюють розміри зразків і визначають площу поперечного перерізу кожного з них. У таблиці 1 подані результати для двох зразків.

Таблиця 1

Номер зразка	Діаметр зразка ($d \cdot 10^{-3} \text{ м}$)	Площа зразка ($S \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$)
1	3	7.065
2	2	3.14

Після цього закріплюють зразок на приладі і вимірюють його довжину $L = 0.1 \text{ м}$, а прикладаючи до зразка силу розтягу, вимірюють його поперечне стиснення та поздовжнє видовження. За формулою (2) обчислюють модуль Юнга для даного зразка. Повторюють досліди для інших зразків і результати заносять до таблиці 2.

Таблиця 2

№	$a_0 \cdot 10^{-3}, м$	$l_0 \cdot 10^{-2}, м$	$a_1 \cdot 10^{-3}, м$	$a \cdot 10^{-3}, м$	$F, Н$	$l \cdot 10^{-2}, м$	$\varepsilon \cdot 10^4, Па$	μ
1	3	10	2	1	2	7	40.4	0,46
2	2	10	1.5	0.5	1,5	13	36.7	0,33

$$\varepsilon = \frac{Fl_0}{Sl} = \frac{2 \cdot 0,1}{7,065 \cdot 10^{-6} \cdot 0,07} = 40.4 \cdot 10^4 (Па)$$

$$|\mu| = \frac{a l_0}{l a_0} = \frac{0,001}{0,07} \cdot \frac{0,1}{0,003} = 0,46$$

Обчислюють похибки одержаних результатів і формулюють відповідні висновки.

$$\begin{aligned} \Delta \varepsilon &= \pm \left(\frac{F \cdot l_0}{S \cdot l} \right)' = \pm \frac{\Delta(Sl) \cdot Fl_0 + Sl \cdot \Delta(Fl_0)}{(Sl)^2} = \pm \frac{(\Delta Sl + \Delta l S) \cdot Fl_0 + Sl \cdot (\Delta Fl_0 + F \Delta l_0)}{(Sl)^2} = \\ &= \pm \frac{(5 \cdot 10^{-10} \cdot 7 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-3} \cdot 7,065 \cdot 10^{-6}) \cdot 2 \cdot 0,1 + 7,065 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 10^{-2} \cdot (5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1 + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3})}{(7,065 \cdot 10^{-6} \cdot 7 \cdot 10^{-2})^2} = \\ &= \pm \frac{14 \cdot 10^{-9}}{2,445 \cdot 10^{-13}} = \pm 5,7241 \cdot 10^4 (Па) \approx \pm 5,7 \cdot 10^4 (Па) \end{aligned}$$

$$E = \pm \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} \cdot 100\% = \pm \frac{5,7 \cdot 10^4}{40,4 \cdot 10^4} \cdot 100\% \approx \pm 0,14 \cdot 100\% \approx \pm 14\%$$

$$\varepsilon = (40.4 \cdot 10^4 \pm 5.7 \cdot 10^4) (Па)$$

$$\begin{aligned} \Delta \mu &= \pm \left(\frac{a \cdot l_0}{l \cdot a_0} \right)' = \pm \frac{\Delta(la_0) \cdot al_0 + la_0 \cdot \Delta(al_0)}{(la_0)^2} = \pm \frac{(\Delta la_0 + l \Delta a_0) \cdot al_0 + la_0 \cdot (\Delta al_0 + a \Delta l_0)}{(la_0)^2} = \\ &= \pm \frac{(5 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 10^{-3} + 7 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}) \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 + 7 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot (10^{-4} \cdot 0,1 + 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-4})}{(7 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^{-3})^2} = \end{aligned}$$

$$= \pm \frac{2 \cdot 10^{-9}}{44 \cdot 10^{-9}} = \pm 0,0647 \approx \pm 0,06$$

$$E = \pm \frac{\Delta \mu}{\mu} \cdot 100\% = \pm \frac{0,06}{0,46} \cdot 100\% \approx \pm 0,13 \cdot 100\% \approx \pm 13\%$$

$$\mu = 0,46 \pm 0,06$$

Висновки: пружні властивості не залежать від геометричних розмірів тіл, а залежать від матеріалу, з якого виготовлений зразок. Усі параметри, що описують пружні властивості ізотропного матеріалу, можуть бути виражені через модуль пружності ε і коефіцієнт Пуассона μ .

Таким чином, запропонований модуль дає можливість виконати серію досить змістовних експериментальних завдань, котрі в умовах варіативного вивчення фізики за діючими програмами [5] можуть бути представлені як дослідницькі лабораторні завдання і відрізняються як за рівнем теоретичного подання і використанням навчального матеріалу, так і за змістом і обсягом експерименту. Відтак такі навчальні експерименти відповідають вимогам профільності вивчення шкільного курсу фізики і разом з тим відповідають сучасним тенденціям розвитку системи шкільного фізичного експерименту та розробці нових засобів експериментування в умовах забезпечення високого рівня фізичної освіти, загальноосвітніх навчальних закладів різного типу і профілю.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Величко С. П. , Вовкотруб В. П. Педагогічні принципи та ергономічні вимоги до шкільного фізичного експерименту: Монографія – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2007. – 128с.
2. Величко С. П. Розвиток системи навчального експерименту та обладнання з фізики у сучасній школі. – Кіровоград: КДПУ ім. В. Винниченка, 1998. – 302с.
3. Величко С. П., Сальник І. В. Графічний метод дослідження природних явищ у навчанні фізики. Навчальний посібник для студентів педагогічних вищих навчальних закладів. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2002. – 167с.
4. Основы методики преподавания физики в средней школе / В. Г. Разумовский, А. И. Бугаёв, Ю. И. Дик и др.. Под ред. А. В. Пёрышкина и др. – М.: Просвещение, 1984. – 398 с.
5. Програми для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 7 – 11 класи. – К.: Шкільний світ, 2002. – 96 с.
6. Шахмаев Н. М., Шилов В. Ф. Физический эксперимент в средней школе: Механика. Молекулярная физика. Электродинамика. – М.: Просвещение, 1989 – 255 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Демидов Роман Володимирович – магістрант фізико-математичного факультету КДПУ ім. В. Винниченка.

Величко Степан Петрович – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та методики її викладання КДПУ ім. В. Винниченка.

Наукові інтереси: проблеми дидактики фізики у середній та вищій школі.